



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11238692 A**(43) Date of publication of application: **31 . 08 . 99**

(51) Int. Cl. **H01L 21/26**  
**H01L 21/268**  
**H01L 33/00**  
**H01S 3/18**

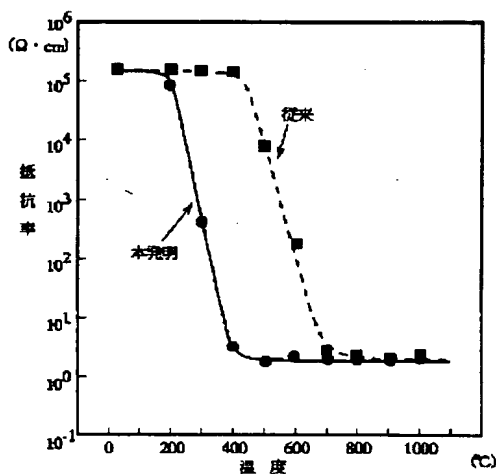
(21) Application number: **10039462**(22) Date of filing: **23 . 02 . 98**(71) Applicant: **NICHIA CHEM IND LTD**(72) Inventor: **NAKAMURA SHUJI**  
**KAMIURA YOICHI**(54) **METHOD OF LOWERING RESISTANCE OF SEMICONDUCTOR NITRIDE**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a new technology which is more advanced compared to the prior technologies, capable of lowering a resistance of semiconductor nitride doped by a p-type impurity.

**SOLUTION:** This method of lowering the resistance comprises a first process for growing a semiconductor nitride doped by a p-type impurity and then irradiating with electromagnetic waves including an energy of not less than the bandgap energy of the semiconductor nitride, and a second process for providing a heat treatment to the semiconductor nitride in an atmosphere substantially containing no activated hydrogen. By dissolving hydrogen bonding p-type impurity dissociated by providing electrons to the semiconductor nitride with electromagnetic wave irradiation, the resistance of the semiconductor nitride is lowered.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-238692

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/26  
21/268  
33/00  
H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 21/26 F  
21/268 Z  
33/00 C  
H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平10-39462

(22) 出願日

平成10年(1998) 2月23日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 上浦 洋一

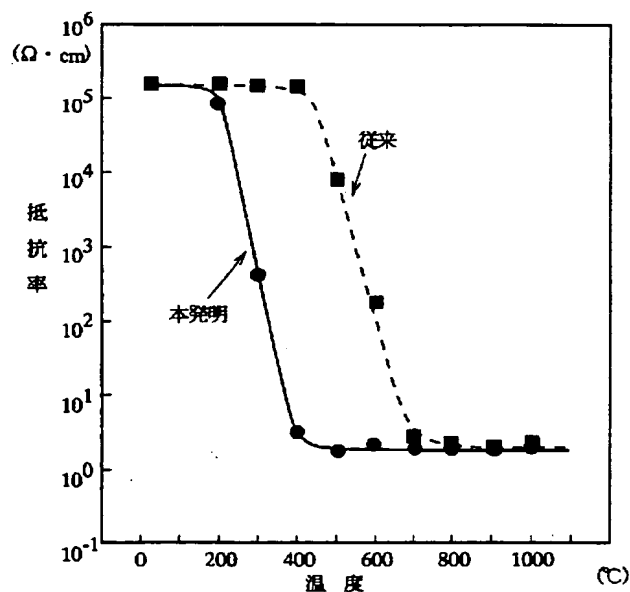
岡山県岡山市中井407番地の4

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体の低抵抗化方法

(57) 【要約】

【目的】 p型不純物をドーブした窒化物半導体を低抵抗にできる従来の技術よりも進歩した、他の新規な技術を提供する。

【構成】 p型不純物をドーブした窒化物半導体を成長させた後、その窒化物半導体のバンドギャップエネルギー以上のエネルギーを含む電磁波を照射する第工程と、実質的に活性な水素を含まない雰囲気中において、その窒化物半導体を熱処理する工程とを行う。電磁波照射により窒化物半導体に電子を供給して、p型不純物を結合した水素を解離することにより、前記窒化物半導体の抵抗率を低下させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型不純物をドーブした窒化物半導体を成長させた後、その窒化物半導体のバンドギャップエネルギー以上のエネルギーを含む電磁波を照射する第1の工程と、実質的に活性な水素を含まない雰囲気中において、その窒化物半導体を熱処理する第2の工程とを行うことにより、前記窒化物半導体の抵抗率を低下させることを特徴とする窒化物半導体の低抵抗化方法。

【請求項2】 前記第1の工程と第2の工程とを同時に行うことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体の低抵抗化方法。

【請求項3】 前記熱処理温度が200℃以上であることを特徴とする請求項1または2に記載の窒化物半導体の低抵抗化方法。

【請求項4】 前記電磁波は主発光波長が400nm以下の光であることを請求項1乃至3の内のいずれか1項に記載の窒化物半導体の低抵抗化方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はp型不純物をドーブした窒化物半導体 ( $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ,  $0 \leq a$ ,  $0 \leq b$ ,  $a+b \leq 1$ ) をさらに低抵抗化する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体はp型窒化物半導体層とn型窒化物半導体層との間に  $\text{InGaIn}$  よりなる井戸層を有する活性層を挟んだダブルヘテロ構造のものが既に実用化されている。そのp型窒化物半導体は、p型不純物をドーブした窒化物半導体を成長させた後、実質的に水素を含まない雰囲気中において、400℃以上で熱処理することによって得られる (Jpn. J. Appl. Phys. 31, L139 (1992)、特許第2540791号)。この熱処理による窒化物半導体のp型化方法は、p型不純物をドーブしても高抵抗なi型しか得られなかった従来の窒化物半導体に画期的な飛躍をもたらし、現在のpn接合デバイスの基本技術となっている。

【0003】 その後、窒化物半導体のp型化については、電極形成時に電極と一緒にアニールする技術、窒素プラズマ中でアニールする技術、成長後に反応容器内をゆっくり冷やす技術等も提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 そこで、本発明はp型不純物をドーブした窒化物半導体を低抵抗にするため、従来の技術よりも進歩した、他の新規な技術を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の窒化物半導体の低抵抗化方法は、p型不純物をドーブした窒化物半導体を成長させた後、その窒化物半導体のバンドギャップエネルギー以上のエネルギーを含む光を照射する第1の工程と、実質的に活性な水素を含まない雰囲気中におい

て、その窒化物半導体を熱処理する第2の工程とを行うことにより、前記窒化物半導体の抵抗率を低下させることを特徴とする。なお、第1の工程と第2の工程とは別々に行うこともできるが、同時に行う方が効果的であり、さらに好ましい。

【0006】 また本発明の方法では、前記熱処理温度が200℃以上であることを特徴とする。

【0007】 さらに、前記光照射を行うときの波長は、主発光波長が400nm以下の光であることを特徴とする。具体的には紫外線、X線等を照射することが望ましい。

【0008】

【発明の実施の形態】 図1はp型不純物をドーブした窒化物半導体層の抵抗率と、熱処理温度との関係を、本発明の方法と、従来の方法とで比較して示す図である。具体的には、Mgをドーブしたアズグロウン (as-grown) のGaN層に主発光波長365nm ( $\approx 3.4\text{ eV} = \text{GaN}$  のバンドギャップエネルギー) の紫外線を照射しながら、窒素雰囲気中で10分間、熱処理した時の抵抗率が低下する状態を示している。なお、従来の方法は紫外線を照射しない他は同様にして熱処理している。

【0009】 いずれの方法においても、熱処理により窒化物半導体の抵抗率が低下する。熱処理による低抵抗化の作用としては次のようなことが考えられている。即ち、GaN成長中に、主として原料ガスとして用いられるアンモニアのような、原料に水素を含む原料ガスが、成長中、若しくは成長後に、反応容器内において分解して、活性な水素ができ、この活性化水素が半導体層内において、例えばMg-Hのようにp型不純物と結びついて複合体を形成する。p型不純物と結びついた水素はp型不純物を不活性化して、正常なアクセプタとして作用するのを妨げている。そこで熱処理を行うことにより、Mg-Hの水素を熱的に解離させ、この水素を半導体層中から追い出し、p型不純物を正常なアクセプターとして作用させるということである。

【0010】 さらに本発明のように、紫外線を照射しながら行う方が、従来の方法に比べて、同一抵抗率を得るための熱処理温度を低下させることができる。これは次のような作用による。即ちGaNのバンドギャップエネルギー以上の電磁波を照射すると、GaN中の価電子帯にある電子が励起される。この電子がMg-HのH+と結合してHを中性化し、Mg-H複合体からHを解離すると考えられる。即ち、窒化物半導体のバンドギャップエネルギーよりも大きなエネルギーを有する電磁波を照射することによって、水素に電子を供給して、その水素を窒化物半導体中から出すのである。しかし、電磁波照射のエネルギーは小さく熱処理に比較して小さいので、電磁波照射だけでは大きな抵抗率の低下は望めない。そこで、熱処理を加えてやることにより、Mg-HのHを熱的に解離すると共に、電子が供給されたHを結晶中か

ら出て行きやすくするのである。そのため、従来の方法に比べて低温で熱処理の効果が得られる。従って、本発明の方法では第1の工程と第2の工程とは特に同時に行う必要はなく、先に第1の工程を行い、次に第2の工程を行っても良いが、最も望ましくは第1の工程と、第2の工程とを同時に行うと、最も効果的に抵抗を下げることができる。また、電磁波の作用としては、紫外線のような窒化物半導体のバンドギャップエネルギー以上の電磁波を照射することにより、Mg-H複合体の電子状態が励起され、複合体の分解が起こりやすくなったとも推察できる。

【0011】熱処理温度は、図に示すように200℃以上、さらに好ましくは300℃以上、最も好ましくは400℃以上の温度で行うことが望ましい。またこの温度は照射する電磁波のエネルギーによって変化させることもできる。例えば、X線のようなエネルギーの大きな電磁波を照射すると熱処理温度をさらに低下させることができる。また紫外線を照射しながら、200℃前後において長時間行っても抵抗率を低下させることはできるが、工業的に短時間で処理する目的では、400℃以上で行うことが望ましい。なお本請求項において活性な水素とは、例えばアンモニアが分解してできた水素、水素プラズマのように、窒化物半導体に再ドーピングされて、その窒化物半導体を高抵抗にする水素であり、この活性水素を熱処理中に含むと、窒化物半導体が高抵抗となる。

【0012】

【実施例】【実施例1】MOVPE法により2インチφのサファイア基板の上に、500℃においてGaNよりなるバッファ層を200オングストロームの膜厚で成長させ、その上にMgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたGaN層を4μmの膜厚で成長させる。このGaN層は抵抗率が $10^5/\Omega \cdot \text{cm}^2$ であり、ほとんどホール測定ができない。

【0013】成長後、そのウェーハを石英管よりなる熱処理装置に移し、その石英管の外からGaN層面に、主発光波長350nmの紫外線（トプコンFI-5L）を照射しながら、窒素雰囲気中、600℃で10分間熱処理を行う。

【0014】熱処理後、そのGaN層のホール測定を行うと抵抗率は $2 \Omega \cdot \text{cm}$ であり、ホールキャリア濃度は、 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ と優れたp型特性を示し、さらに3μmの深さでエッチングして、同様にホール測定を行っても、ほぼ同一のキャリア濃度を示し、深さ方向に対しても均一にp型化していることが判明した。

【0015】【実施例2】実施例1において、p型不純物としてBeを用いBeを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングする他は同様にしたところ、抵抗率は $10 \Omega \cdot \text{cm}$ であり、ホールキャリア濃度は、 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ とp型特性を示し、深さ方向に対しても同様にp型化されていた。

【0016】【実施例3】実施例1において、温度を4

00℃にして、単位面積あたりの紫外線強度を4倍にしたランプを使用したところ、1時間で実施例1とほぼ同等の特性を有するp型が得られた。

【0017】【実施例4】実施例3において、主発光波長315nmのUVランプを用い、強度を実施例3とほぼ同一にして照射したところ、実施例3よりも短時間で同等の特性を有するp型が得られた。

【0018】【実施例5】図2は本発明の方法を用いて得られたLED素子の構造を示す模式的な断面図であり、以下この図を元に述べる。

【0019】サファイア（C面）よりなる基板1の上

に、  
200オングストロームのGaNよりなるバッファ層2  
1μmのアンドープGaNよりなる第1の窒化物半導体層3

3μmのSiドーピングGaNよりなる第2の窒化物半導体層4

100オングストロームのアンドープGaNよりなる第3の窒化物半導体層5

30オングストロームのアンドープIn<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N層よりなる活性層6

0.1μmのMgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp側クラッド層7

0.1μmのMgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型GaNよりなるp側コンタクト層8を順に積層する。

【0020】ウェーハ積層後、実施例1と同じく石英製の熱処理装置に入れ、315nmのUVランプを照射しながら窒素雰囲気中、600℃で熱処理したところ、pコンタクト層8は実施例1とほぼ同一のキャリア濃度を有するp型となり、クラッド層7はそれよりもキャリア濃度の小さいp型となった。

【0021】その後、最上層のp側コンタクト層8の表面に所定の形状のマスクを形成し、RIE（反応性イオンエッチング）装置でp側コンタクト層側からエッチングを行い、図2に示すように第2の窒化物半導体層4の表面を露出させる。

【0022】エッチング後、最上層にあるp側コンタクト層のほぼ全面に膜厚200オングストロームのNiとAuを含む透光性のp電極9と、そのp電極9の上にボンディング用のAuよりなるpパッド電極10を0.5μmの膜厚で形成する。一方エッチングにより露出させた第2の窒化物半導体層4の表面にはWとAlを含むn電極11を形成する。最後にp電極9の表面を保護するためにSiO<sub>2</sub>よりなる絶縁膜12を図2に示すように形成した後、ウェーハをスクライブにより分離して350μm角のLED素子とする。

【0023】このLED素子は順方向電圧20mA、Vf3.4Vにおいて、520nmの純緑色発光を示した。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の方法を用いることにより、従来よりも低温でp型窒化物半導体が得られる。本発明の方法はレーザ素子、LED素子等窒化物半導体を用いたあらゆる電子デバイスに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 p型不純物をドーブした窒化物半導体層の抵抗率と、熱処理温度との関係を本発明の方法と従来の方法とで比較して示す図。

【図2】 本発明の方法を用いて得られたLED素子の構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

1・・・サファイア基板

2・・・バッファ層

3・・・第1の窒化物半導体層

4・・・第2の窒化物半導体層（コンタクト層）

5・・・第3の窒化物半導体層

6・・・活性層

7・・・p側クラッド層

8・・・p側コンタクト層

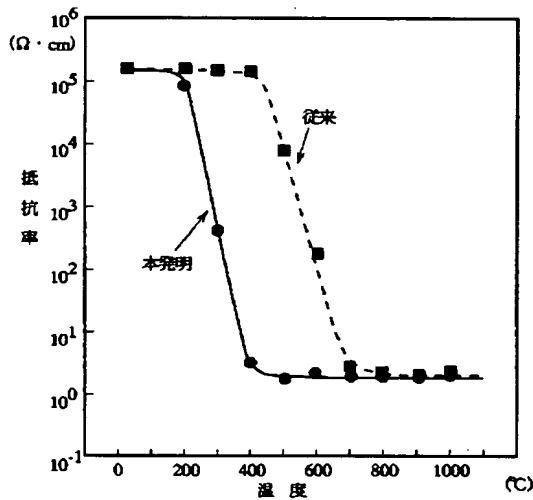
9・・・p電極

10・・・pパッド電極

11・・・n電極

12・・・絶縁膜

【図1】



【図2】

